



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

①2 **Offenlegungsschrift**  
①0 **DE 197 44 812 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**F 01 C 1/344**  
F 04 C 2/34  
F 04 C 18/00  
F 04 C 29/00

②1 Aktenzeichen: 197 44 812.7  
②2 Anmeldetag: 2. 10. 97  
④3 Offenlegungstag: 8. 4. 99

DE 197 44 812 A 1

- ⑦1 Anmelder:  
Herold & Semmler Transporttechnik GmbH, 04932  
Merzdorf, DE
- ⑦4 Vertreter:  
Pätzelt & Seltmann, 03046 Cottbus
- ⑦2 Erfinder:  
Herold, Hans-Ullrich, 04932 Merzdorf, DE; Stolz,  
Ingo, 04924 Bad Liebenwerda, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE	38 24 882 C2
DE	32 29 916 C2
DE	39 20 184 A1
DE	39 16 869 A1
DE	38 05 264 A1
DE	38 04 338 A1
DE	30 25 652 A1
DE	26 00 972 A1
DE	24 22 783 A1
DE	24 21 906 A1
DE	85 36 125 U1
FR	24 80 868 A1
US	45 18 333
US	41 63 635
US	35 14 237
EP	00 19 605 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- ⑤4 Rotationskolbenmaschine
- ⑤7 Die Erfindung betrifft eine Rotationskolbenmaschine, die hinsichtlich allgemeiner Konstruktionsprinzipien als Rotationskolbenmotor oder einseitig betreibbare Flügelzellenpumpe Verwendung finden kann. Aufgabe der Erfindung war es deshalb, eine Konstruktion einer Rotationskolbenmaschine vorzuschlagen, die im Laufverhalten auch bei höherer leistungsseitiger Auslegung eine hohe Zeitstandsfestigkeit bei großer Stabilität der Bauteile aufweist und durch langanhaltende Dichtheit mit kontinuierlich hohem Wirkungsgrad arbeitet. Die Aufgabe wird gelöst, indem bei einer Rotationskolbenmaschine mit wenigstens je einem radial angeordneten Ein- und Auslaßkanal, aus einem Gehäuse mit Innenbohrung bestehend, ein Rotor mit Innenflügeln läuft, diese Flügel aus einem Verbundwerkstoff bestehen, der aus einem kohlefaserverstärkten Kohlenstoffskelett und einer Kunststoffmatrix besteht und der zusätzlich mit Kohlenstoff, vorzugsweise in Form von Graphit, angereichert worden ist. Des weiteren wird die spezifische Anordnung der Flügel und Bemessung der Rotationskolbenmaschine beschrieben.

DE 197 44 812 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Rotationskolbenmaschine, die als Rotationskolbenmotor oder einseitig betreibbare Flügelzellenpumpe betrieben werden kann und mit wenigstens je einem radial angeordneten Ein- und Auslaßkanal versehen ist.

Rotationskolbenmaschinen werden als Antriebsmaschinen oder als Pumpen eingesetzt. Prinzipiell bestehen diese aus einem exzentrisch gelagerten inneren Rotor mit relativ geringem Durchmesser im Verhältnis zum umgebenden Außengehäuse. Der Rotor trägt wenigstens einen Flügel, der in seiner Lage im Verhältnis zum Rotor an diesem verschieblich ausgeführt ist. Durch die exzentrische Lagerung des Rotors und wenigstens einen verstellbaren verschieblichen Flügel entsteht bei Einleiten einer Rotationsbewegung im Moment des Ausfahrens des Flügels ein Entspannen des Innenraumes, so daß dieser sich über einen in dieser Stellung angeordneten Einlaßkanal füllt. Im weiteren wird eine Stellung erreicht, bei der der Flügel sich wieder nach innen bewegt. Dabei wird ein mitgeführtes Medium mit Druck beaufschlagt. Über einen in dieser Stellung angebrachten Auslaßkanal verläßt dieses Medium den Innenraum mit Druck. Die projektierte Leistung wird insbesondere durch das Durchmesserverhältnis Rotor zu Innengehäuse sowie Länge des Rotors und des Gehäuses bestimmt. Auch die Zahl der Flügel beeinflußt die Leistung mit. So haben Rotationskolbenmaschinen mit einem oder geringfügig mehreren Flügeln relativ geringe Leistungen.

Ein Abdichten der Flügel im Verhältnis zum Gehäuse erfolgt entweder durch die auf die Flügel wirkende Fliehkraft oder eine zwangsweise Führung dieser Flügel. Damit unterliegen diese Flügel einem relativ starken Verschleiß. Dieser Verschleiß äußert sich in Spaltverlusten und damit in einer Verringerung des Wirkungsgrades, der bis zur völligen Funktionsuntüchtigkeit führen kann. In Abhängigkeit vom Medium, mit dem die Rotationskolbenmaschine zu beaufschlagen ist, wird eine volle Leistungsfähigkeit erst bei höheren Drehzahlen erreicht, und oftmals dient bei einer Verwendung als Pumpe ein Anheben der Drehzahlen dazu, einen bereits durch Verschleiß eingetretenen Leistungsverlust zu kompensieren.

Es hat deshalb nicht an Versuchen gefehlt, die Einbauverhältnisse im Sinne einer Verbesserung des Verschleißverhaltens zu verändern.

So beschreibt die DE-OS 25 42 699 eine Lösung, bei der zum Zweck der Verbesserung des Verschleißverhaltens Einlaß- und Auslaßkanal stümpeitig angeordnet sind. Damit wird die Fliehkraft zur Verbesserung des Füllungsgrades und damit zur Verbesserung der Effizienz nicht genutzt, obwohl sich ein relativ günstiges Verschleißverhalten insoweit ergibt, als die Flügel nicht über eine Übergangszone streichen und ständig vollflächig aufliegen.

Um den proportional dem Anpreßdruck der Flügel sich einstellenden Verschleiß zu vermindern, werden nach der in der DE-OS 37 38 943 vorgeschlagenen Lösung die Flügel durch einen sogenannten Begrenzer gehalten, der das Reibungsverhalten günstig beeinflussen soll. Diese Lösung zeigt daß es problematisch ist, die projektierte Leistungsfähigkeit über einen längeren Zeitraum zu erhalten. Um diesen Zustand zu überwinden, weisen nach der DE-OS 44 25 293 die Flügel sogenannte Gleitschuhe auf, die bei Erreichen eines nicht mehr hinnehmbaren Verschleißgrades ausgewechselt werden können.

Die in der DE-OS 34 23 276 vorgeschlagene Lösung sieht vor, die Flügel kurzerhand schamierartig am Rotor zu befestigen. Damit werden sie adäquat einer durch die Betriebsdrehzahl bestimmten Fliehkraft an die Innenwandung

des Gehäuses gedrückt. Die Absicht besteht darin, ein optimales Dichtungsverhalten der Flügel im Verhältnis zum Innengehäuse zu erreichen. Durch das ständige Schleifen ist zwar recht schnell auch bei niedrigen Drehzahlen die Dichtigkeit gegeben. Das Verschleißverhalten ist jedoch sehr ungünstig.

Um Dichtungsprobleme zu überwinden, werden in der DE-OS 30 25 652 im Bereich der Gehäusewandung zweilippig ausgeführte Flügel verwendet, die recht aufwendig sind und die Lebensdauer zwar erhöhen, ohne den grundsätzlichen Mangel, daß Undichtheiten recht schnell durch den aus dem Betrieb resultierenden Verschleiß verhindert werden, zu beseitigen.

Oftmals wurde versucht, verschleißbedingte Mängel durch zweckmäßige Materialkombinationen zu überwinden. Nach der DE-OS 37 24 089 werden deshalb die Flügel aus Kunststoff ausgeführt. Die relativ geringe Masse eines Flügels führt zu einem nicht immer hinreichendem Abdichten gegenüber der Gehäusewandung und damit zu Leistungsverlusten. Das DE-Gm 85 36 125 schlägt hierfür thermoplastisches Polyätherimid mit Füllstoffanteil vor. Eine Rotationskolbenmaschine dieser Art weist jedoch bei hoher Belastung nur selten längere Laufzeiten auf.

Gerade diese Lösungen zeigen, daß offensichtlich Schmierungsprobleme ein Hindernis von erheblicher Relevanz bei der Auslegung einer Rotationskolbenmaschine im Hinblick auf ihre Lebensdauer sind. So sind auf dem Markt aktuell ausschließlich kleinere öllöse Typen im Angebot, die Leistungen um die 200 bis 300 l/min bei 50 kPa (U) aufweisen und die nach Erfahrungen eine Laufzeit in einer Größenordnung von ca. 3000 Betriebsstunden erreichen. Regelmäßig werden deshalb besondere Vorkehrungen getroffen, die Langlaufzeit zu verbessern. Beispielhaft wird deshalb in der DE-OS 34 36 741 eine Lösung vorgeschlagen, nach der das Schmierungsverhalten verbessert werden und eine Erhöhung der Lebensdauer erreicht werden soll.

Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, eine Konstruktion einer Rotationskolbenmaschine vorzuschlagen, die im Laufverhalten auch bei höherer leistungsseitiger Auslegung eine hohe Zeitstandsfestigkeit bei großer Stabilität der Bauteile aufweist und durch langanhaltende Dichtigkeit mit kontinuierlich hohem Wirkungsgrad arbeitet.

Die Aufgabe wird gelöst, indem bei einer Rotationskolbenmaschine mit wenigstens je einem radial angeordneten Ein- und Auslaßkanal, aus einem Gehäuse mit Innenbohrung bestehend, ein Rotor mit Innenflügeln läuft, diese Flügel aus einem Verbundwerkstoff bestehen, der aus einem kohlefaserverstärkten Kohlenstoffskelett und einer Kunststoffmatrix besteht und der zusätzlich mit Kohlenstoff angereichert worden ist, des weiteren bezogen auf einen in den Rotor hineinprojizierten Kreis die Flügel im Rotor tangential so angeordnet sind, daß sie zu einer den Mittelpunkt des Rotors schneidenden Durchmesserlinie einen Winkel zwischen 25° und 35° Winkelgrad bilden sowie der bereits erwähnte in den Rotor hineinprojizierte Kreis, an dem die verlängerte innere Kante der Flügel tangential anliegt, in seinem Durchmesser damit dem 0,6- bis 0,4-fachen des Radius des Rotors entspricht.

Zusätzlich ist Kohlenstoff in modifizierter Form vorzugsweise als Graphit im Material der Flügel angelagert. Die Flügel sind hinsichtlich ihres Schlankheitsgrades vorzugsweise so bemessen, daß das Höhen-/Dickenverhältnis 12 zu 1 bis 13 zu 1 beträgt. Damit sind diese hinreichend steif, ohne schnell zu verschleifen.

Die am Gehäuse anliegende Kante der Flügel kann üblicherweise in Form eines Radius gebrochen sein, um das Einlaufen zu erleichtern, insbesondere durch im Bereich von Auslaß- und Einlaßkanal vorhandene Aussparungen.

Alle Gehäusebauteile sowie der Rotor sind aus Material mit gleichem Wärmeausdehnungskoeffizienten gefertigt.

Für einen günstigen Massenausgleich bei relativ hoher Leistung ist das Verhältnis der Durchmesser von Rotor und Innengehäuse zueinander vorzugsweise auf 0,85 bis 0,9 festgelegt.

Die Länge des Gehäusewandbogens an der Stelle des geringsten Spieles, das ist die Kreisbogenlänge (Kbl) der durchgehenden Wandung zwischen Auslaß und Einlaß im Gehäuse, wird üblicherweise durch die Formel

$$\text{Kbl} = \text{Faktor} \cdot \frac{\pi \cdot R}{Z}$$

Dabei ist

R = Gehäusehalbmesser,

Z = Anzahl der Flügel.

Unter Bezugnahme auf die erfindungsgemäß vorgeschlagene Konzeption mit ihren materialspezifischen Komponenten hat es sich erwiesen, diesen Faktor mit 4,2 festzulegen, da diese Dimensionierung für das Langlaufverhalten einer erfindungsgemäß aufgebauten Rotationskolbenmaschine sehr zweckmäßig ist.

Eine nach diesen vorgeschlagenen Konstruktionsprinzipien erstellte Rotationskolbenmaschine hoher Leistung weist ausgezeichnete Langlaufeigenschaften bei geringem Verschleiß und daraus resultierender hoher Langzeitdichtheit auf.

So sind Baugrößen bis 2000 L/min bei 50 kPa (U) und Laufzeiten von 6000 Betriebsstunden erreichbar. Bereits im Anlauf ist eine ausreichende Dichtheit gegeben, um der projektierten Leistung entsprechend zu arbeiten.

Damit ist die vorgeschlagene Rotationskolbenmaschine auch für Zwecke geeignet, bei denen kontinuierlich eine hohe Leistung bei geringem Instandhaltungsaufwand erforderlich ist, wie das beispielsweise bei einer Pumpe für die der Vakuumherzeugung, wie das zum Beispiel in der Milchwirtschaft der Fall ist, die im Dichtungsbereich zusätzlichen Beanspruchungen unterliegt.

Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. In der zugehörigen Zeichnung zeigt

Fig. 1 den Querschnitt durch eine erfindungsgemäß aufgebaute als Pumpe eingesetzte Rotationskolbenmaschine,

Fig. 2 den Rotor gemäß der Darstellung in Fig. 1.

Eine Rotationskolbenmaschine weist ein Gehäuse 1 und einen Rotor 2 auf. Der Rotor 2 besitzt, bezogen auf einen integrierten Kreis  $D_1$ , dessen Durchmesser dem 0,51-fachen des Rotors entspricht, Aussparungen 3, in denen Flügel 4 tangential angeordnet sind. Durch diese Anordnung, bezogen auf einen gedachten Kreis definierten Durchmessers der erläuterten Dimension, ergibt sich, daß die Mittellinie der für die Aufnahme der Flügel 4 bestimmten Aussparungen 3 zu einer den Mittelpunkt des Rotors 2 schneidenden Durchmesserlinie in diesem Fall einen Winkel von 30 Winkelgrad bildet.

Die Flügel 4 sind in die Aussparungen 3 des Rotors 2 fliegend eingeschoben. Die Flügel 4 bestehen aus einem Verbundwerkstoff, der aus einem kohlefaserverstärkten Kohlenstoffskelett und einer Kunststoffmatrix besteht und der zusätzlich mit Kohlenstoff angereichert worden ist. Der Kohlenstoff ist beispielhaft in modifizierter Form als Graphit im Material der Flügel 4 angelagert. Damit ergibt sich eine erheblich verringerte Eigenreibung der Flügel 4 auf dem Grundwerkstoff des Gehäuses 1. Um günstige Voraussetzungen für eine erwünschte hohe Stabilität und ein gutes Verschleißverhalten zu schaffen, ist der Schlankheitsgrad

der Flügel so bemessen, daß die Stärke ein Zwölftel der Höhe beträgt.

Die am Gehäuse 1 schleifende Kante der Flügel 4 weist einen Radius auf, der von der Stärke der Flügel 4 abhängig ist. Im konkreten Fall wurde bei einer Stärke der Flügel 4 ein Radius von 1 mm gewählt.

Alle Bauteile des Gehäuses 1 sind beispielhaft aus Grauguß gefertigt, demgegenüber ist der Rotor 2 aus Stahl gefertigt. Die Gründe sind in der Materialkombination der auf jeden Fall in Stahl zu fertigenden Wellenzapfen begründet. Damit sind nicht nur alle Wärmeausdehnungskoeffizienten identisch, vielmehr weist die erfindungsgemäß gestaltete Rotationskolbenmaschine eine relativ hohe Eigenmasse auf, die sich andererseits in hoher Laufruhe äußert.

Das Durchmesser Verhältnis von Rotor 4 zur Innenbohrung des Gehäuses 1 wurde im Hinblick auf eine hinreichend günstiges Leistungsverhalten beispielhaft auf 0,87 festgelegt. Damit ergeben sich günstige Verhältnisse hinsichtlich der Eigenreibung der Flügel 4 in den Aussparungen des Rotors 2.

Die Länge des Gehäusewandbogens an der Stelle des geringsten Spieles, das ist die Kreisbogenlänge (Kbl) der durchgehenden Wandung zwischen Auslaß und Einlaß im Gehäuse, wird üblicherweise durch die Formel

$$\text{Kbl} = \text{Faktor} \cdot \frac{\pi \cdot R}{Z}$$

Dabei ist

R = Gehäusehalbmesser,

Z = Anzahl der Flügel.

Unter Hinweis auf die erfindungsgemäß gewählte Materialkombination und die erstrebte Langlebigkeit der Rotationskolbenmaschine hat sich der Faktor 4,2 als günstig erwiesen und beispielhaft wurde dieser Faktor auch verwendet.

Die beispielhaft erfindungsgemäß gestaltete Rotationskolbenmaschine ist als Verdichter sowohl in der Vakuumherzeugung von 0 bis 70 kPa (U) als auch in der Druckluftherzeugung bis 150 kPa (U) eingesetzt. Vorteilhaft ist des weiteren, daß durch die Verwendung geeigneter selbstschmierender Flügel die Umweltverträglichkeit verbessert wird, da ölfreie ökologisch unbedenkliche Druckluft beziehungsweise Abluft erzeugt wird.

Für einen Einsatz einer erfindungsgemäß gestalteten Rotationskolbenmaschine als Antriebsmaschine ist die vorgeschlagene Ausbildung der Flügel und des Rotors ebenso geeignet.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Gehäuse
- 2 Rotor
- 3 Aussparungen
- 4 Flügel
- $D_1$  Durchmesser

#### Patentansprüche

1. Rotationskolbenmaschine, die als Rotationskolbenmotor oder einseitig betreibbare Flügelzellenpumpe mit wenigstens je einem radial angeordneten Ein- und Auslaßkanal, aus einem Innengehäuse bestehend ausgebildet, in dem ein Rotor mit Innenflügeln läuft, bei der

– die Flügel aus einem Verbundwerkstoff bestehen, der aus einem kohlefaserverstärkten Kohlen-

stoffskelett und einer Kunststoffmatrix besteht und der zusätzlich mit Kohlenstoff angereichert worden ist,

- bezogen auf einen in den Rotor hinein projizierten Kreis die Flügel an diesem tangential so angeordnet sind, daß sie zu einer den Mittelpunkt des Rotors schneidenden Durchmesserlinie einen Winkel zwischen 25 und 35 Winkelgrad bilden und damit der in den Rotor hineinprojizierte Kreis, an dem die verlängerte Achse der Flügel tangential anliegt, in seinem Durchmesser dem 0,4 bis 0,6-fachen des Radius des Rotors entspricht.
- 2. Rotationskolbenmaschine nach Anspruch 1, bei der
  - der Kohlenstoff in modifizierter Form verwendet ist.
- 3. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 oder 2, bei der
  - der Kohlenstoff Graphit ist.
- 4. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der
  - die Flügel in ihrer Dimension so bemessen sind, daß das Höhen-/Dickenverhältnis 1 zu 12 bis 1 zu 13 beträgt.
- 5. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei der
  - die Flügel fliegend angeordnet sind.
- 6. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei der
  - bezogen auf den in den Rotor hineinprojizierten Kreis die Flügel an diesem tangential so angeordnet sind, daß sie zu einer den Mittelpunkt des Rotors schneidenden Durchmesserlinie einen Winkel von 30 Winkelgrad bilden.
- 7. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei der
  - die am Innengehäuse anliegenden Flügelkanten gebrochen ist.
- 8. Rotationskolbenmaschine nach Anspruch 7, bei der
  - die Brechung der Flügelkante in Form einer Rundung erfolgt ist.
- 9. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei der
  - das Gehäuse mit den Seitenteilen und der Rotor aus Material mit gleichem Wärmeausdehnungskoeffizienten besteht.
- 10. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei der
  - das Verhältnis der Durchmesser von Rotor und Innengehäuse zueinander 0,85 bis 0,9 beträgt.
- 11. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei der die Länge des Gehäusewandbogens an der Stelle des geringsten Spieles zwischen Rotor und Gehäusebohrung und zwischen Auslaß und Einlaß befindlich aus dem mit dem einem Faktor multiplizierten bekannten Quotienten aus dem Radius der Gehäusebohrung multipliziert mit dividiert durch die Anzahl der Flügel ermittelt wird und der
  - Faktor den Wert 4,2 hat.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

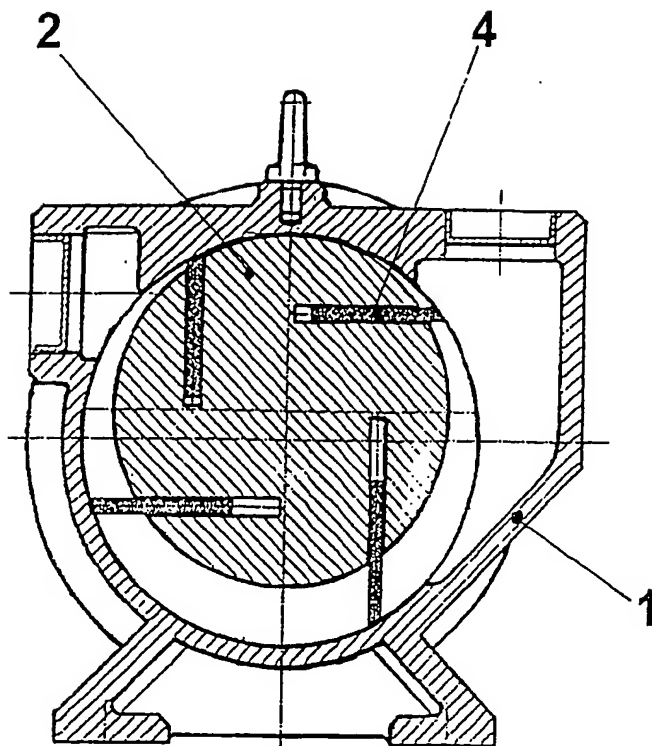


Fig. 1

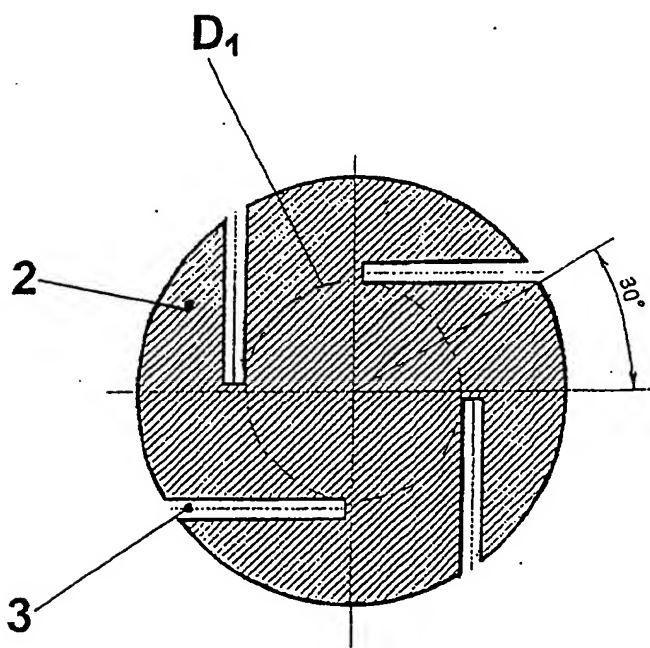


Fig. 2